

学校编码: 10384

分类号\_\_\_\_\_密级\_\_\_\_\_

学号: 200242044

UDC \_\_\_\_\_

学 位 论 文

外汇结构性存款的合约设计和定价分析

Contract Designation and Pricing Analysis

of FX Structured Deposit

张 睿

指导教师姓名: 郑振龙教授、博导

申请学位级别: 硕 士

专 业 名 称: 金 融 工 程

论文提交日期: 2005 年 4 月

论文答辩时间: 2005 年 5 月

学位授予单位: 厦 门 大 学

学位授予日期: 2005 年 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2005 年 月

## 厦门大学学位论文原创性声明

兹呈交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文而产生的权利和责任。

声明人（签名）：

2005 年 4 月 10 日

## 论文摘要

外汇结构性存款(FX Structured Deposit)是将普通外汇存款与金融衍生证券(主要是各类期权)结合起来的金融结构性产品,因其名义收益率比普通外汇存款高出 3-4 倍,且本金有保障,在国内市场上受到了投资者的追捧。对于发行银行来说,由于国内外外汇存款间存在显著差异,只需要将募集到的外汇结构性存款直接到国际市场上转售就可以获取收益。因此外汇结构性产品的推出似乎实现了投资者和发行银行的“双赢”。国内目前对外汇结构性存款的研究多建立在理论上,而在其定价方面仍处在相对空白的阶段,已有的定价研究仅包括银行有赎回权的固定收益型产品。本文拟在外汇结构性存款的定价方面做出进一步的探索。

论文首先介绍了国内外汇结构性存款的发展状况和产品分类,接着对外汇结构性存款的一般定价原理作出了概要的介绍,内容包括 BDT 模型的二叉树方法、利率的连续无套利模型、蒙特卡罗模拟等。然后从发行银行的角度,对外汇结构性存款的合约设计进行了分析和建议。

在实证部分,我们用美国国债收益率数据和美元 libor 数据估计了对应的利率期限结构,在此基础上以 BDT 模型和其他利率动态模型为基准,运用 Matlab 和 Excel 等工具,通过编程对市场上的外汇结构性存款产品进行定价。首先是将固定收益型产品和浮动收益型产品进行定价比较,结果发现浮动收益型产品的发行成本明显低于固定收益型产品;接着对银行有提前赎回权的产品和投资者有提前回售权的产品进行定价比较,发现目前投资者有提前回售权的产品定价尚不完善。最后,我们探讨了国内商业银行在发行外汇结构性存款时存在的问题和缺陷,并提出相关的建议。

总之,本文试图对中国的外汇结构性存款的合约设计和定价分析作出比较独立、全面的分析,在研究过程中始终贯彻着对中国实际情况的考察。

**关键词:** 外汇结构性存款; 利率期权; BDT 模型

## Abstract

FX Structured Deposits are the financial products that combine common FX deposits and financial derivatives (mainly referring to the options). As their nominal yield is often 3 or 4 times higher than that of common FX deposits, and investors' principals are guaranteed, such products are popular in domestic financial market. On the other hand, when it comes to the issuing banks, as there exists distinct difference of FX deposits interest between domestic market and global market, they can make easy money by reselling the FX structured deposits in the global financial market. Therefore, the introduction of FX structured products seems to realize the "bi-triumph" of investors and issuing banks. Current studies of FX structured deposits in domestic academe mainly focus on the fundamental field, while remaining relatively blank in the pricing field. Even the existing pricing studies only include those callable products of fixed yield. My working paper is prepared to make some further exploration in the pricing field.

First of all, my paper introduces the development as well as the classification of domestic FX structured deposits. Second, my paper makes a brief recommendation of general pricing theory of FX structured deposits. Third, my paper analyses the contract designation of FX structured deposits and makes corresponding suggestion.

In the pricing part, I use the historical data of US Treasury Bond yield and US LIBOR to estimate the relative interest term structure, then take BDT model as well as other interest dynamic models to price the existing FX structured products by the tools of Matlab and Excel. First, I compare the price of fixed-yield products and floating-yield products. Second, I compare the price of callable products and puttable products. At last, I discuss the existing problems and limitations when domestic commercial banks issue FX structured deposits and make some policy suggestion.

In all, my working paper tries to form an independent and comprehensive analysis on the contract designation and pricing analysis of Chinese FX structured deposits.

**Key Words:** FX Structured Deposit; Interest Option; BDT Model

# 第一章 引言

外汇结构性产品是将固定收益证券与衍生证券结合起来的金融产品，近些年在国际金融市场上取得了迅速完善的发展，被投资者广泛接受。而我国在 2002 年下半年推出外汇结构性存款后，在市场上掀起了热潮，两年中市场上的产品无论是种类还是数量都快速膨胀起来。对外汇结构性存款这种产品进行研究已经具有了一定的理论意义和实践意义。

## 第一节 外汇结构性存款的概念及分类

### 一、什么是外汇结构性存款

外汇结构性存款是外汇结构性产品的一种，其将普通外汇存款与金融衍生证券（主要是各类期权）结合起来，使投资者收益与利率（美元 LIBOR, 港币 HIBOR 等）、汇率、指数、黄金等指标的走势挂钩，投资者通过承担一定的市场风险可以获取比普通外汇存款利息更高的收益。同时，大部分外汇结构性存款又可看作利率衍生产品或汇率衍生产品的一种，因为目前已有的外汇结构性存款产品中嵌入的金融衍生证券多为利率衍生产品或汇率衍生产品，其价值与利率衍生产品或汇率衍生产品的价值相关。

外汇结构性存款的发行机构一般是国内各家商业银行，如中、农、工、建、交行，民生银行等，及数家外资银行，如花旗、汇丰、渣打、荷银等。国内商业银行推出的外汇结构性存款一般采用固定收益类型，或是在保障本金的基础上，将投资者收益与外汇利率、汇率、黄金走势挂钩，合约设计较为简单；而外资银行的产品则往往在保障本金的基础上，将投资者收益与指数的走势或股票价格挂钩，嵌入的期权更为复杂。原因在于国内衍生产品市场尚不成熟，商业银行吸引来的外汇结构性存款通常是在国际市场上打包转售赚取差价。

外汇结构性存款的特点是本金有保障（目前中国已有的外汇结构性存款品种几乎均有此特性），名义收益率较高，一般高达当前国内普通外汇（主要是美元）存款利率的 3-5 倍。商业银行在产品宣传中还常常打出“收益高，无风险”的口号，无风险的说法显然具有误导性，为了获取高于普通外汇存款利息的收益，投资者必须承担一定的利率风险和汇率风险。

## 二、外汇结构性存款的分类

### 1. 按照收益类型划分

可将外汇结构性存款划分为固定收益型和浮动收益型。如果银行不行使提前赎回权且投资者不行使提前回售权，固定收益型产品的收益在投资期内是确定的，但是可以分阶段变化，而不需要设定为某个固定值。固定收益型外汇结构性存款与普通债券非常相似。浮动收益型产品一般在保障本金的基础上，将投资者收益与利率（美元 LIBOR, 港币 HIBOR 等）、汇率、指数、黄金等指标的走势挂钩，不考虑银行提前赎回或投资者提前回售的情况，浮动收益型产品的收益在整个投资期限内完全或部分不确定，根据投资期限内挂钩标的的走势来确定最终的收益。

### 2. 按照挂钩标的划分

从理论上讲，外汇结构性存款中可以嵌入任意类型的期权，包括外汇期权、利率期权、股票期权，甚至是黄金、商品期权（如石油）等。但对投资者来说，准确判断挂钩标的物的波动趋势非常重要，在目前的国内市场上，将外汇期权和利率期权嵌入普通外汇存款是主流的做法。而外资银行则更多的将股票期权和指数期权嵌入普通外汇存款。

按照与汇率、利率等标的挂钩的方式，浮动收益型外汇结构性存款又可分为汇率区间累计增值型存款、利率区间累计增值存款、目标收益终止型存款、浮动利率收益封顶型存款、浮动利率正向挂钩存款、浮动利率反向挂钩存款等。一般而言此类产品的名义收益率比固定收益型产品高。

### 3. 按照付息方式

可将外汇结构性存款划分为分期付息和到期还本付息。一般银行的主流做法是将投资收益期分为几个阶段，分期付息，同时付息日可行使赎回权或回售权，也有银行采取到期还本付息的方式。

### 4. 按照合约终止权的归属

可将外汇结构性存款划分为三类：银行拥有提前赎回权，此时外汇结构性存款类似于可赎回债券；客户拥有提前回售权，此时外汇结构性存款类似于可回售债券；银行、客户均不可提前终止合约，此时外汇结构性存款类似于普通债券。而银行、客户均可提前终止合约的外汇结构性存款目前市场上尚不存在。此外，按照可执行合约终止权的次数，又可将可终止外汇结构性存款划分为一次可提前终止结构性存款和多次可终止结构性存款。

## 第二节 国内外汇结构性存款市场的发展状况及原因

### 一、我国外汇结构性存款市场的发展状况

我国出现外汇结构性存款始于 2002 年下半年，发展至今不过两年多的时间。从 2002 年中国人民银行允许中资银行和外资银行向居民提供个人外汇期权交易的服务，中国建设银行率先向全国推出“汇得盈”个人外汇结构存款以来，各中资银行和外资银行纷纷推出类似的产品，如中行的“汇聚宝”系列，农行的“汇得利”系列，民生银行的理财系列等。2004 年 2 月 4 日银监会《金融机构衍生产品交易业务管理暂行办法》的颁布更为银行用这类产品抢占外汇理财市场打开了方便之门。以建设银行为例，从 2003 年 11 月到 2004 年 7 月底，建设银行连续五期“汇得盈”产品的成功推出，累计沉淀存款资金就达 2.2 亿美元。目前国内商业银行在外汇结构性存款市场上占据了主要地位，以中行、农行、建行、民生银行为其首。

外汇结构性存款的发展趋势具有以下特点：

- (1) 起投金额趋于小额化
- (2) 期限趋于短期化
- (3) 收益结构趋于简单化
- (4) 挂钩产品种类趋于多元化

但与国外结构性产品市场相比，我国的外汇结构性存款市场仍处于初步发展阶段，主要体现在没有统一的交易市场，国外的结构性产品一般集中于统一的交易所进行交易，并且划分为一级市场和二级市场。而我国的结构性产品种类较少，目前以外汇结构性存款为主，由各家商业银行分开发行，并无统一的交易市场，或者说只有一级市场而无二级市场，因为目前的外汇结构性存款均不可转让。同时合约也由各家商业银行自行拟定，没有统一的标准和规范。

## 二、外汇结构性存款市场迅速发展的原因

外汇结构性存款市场迅速发展的原因主要可以归结为当前的低利率环境和人民币兑美元汇率走势的预期波动。

### 1. 利率环境

从银行的角度来看，在我国利率一直受到严格的管制，对于存款利率的管理尤为严格。人民银行根据存款性质、存款期限、存款比重等因素统一公布法定利率，各家银行一律执行相同的标准，没有任何灵活性。2000年9月，我国进行了外币利率市场化改革，遵循“先外币后本币、先大额后小额、先对公后对私”的原则，人民银行首先放开了大额外汇存款（等值300万美元以上）的利率上限；2004年11月，人民银行宣布上调境内商业银行美元小额外币存款利率上限，一年期美元存款利率上限调整为0.87%，并决定不再公布美元、欧元、日元、港元两年期小额外币存款利率上限，改由商业银行自行确定并公布两年期小额外币存款利率。同时，由于外币贷款利率比人民币贷款利率更低，当前中国境内美元短期贷款利率在2.25%左右，而人民币的短期贷款利率约为5%，因此许多企业都愿意外币贷款，市场上存在着庞大的外汇贷款需求。据人民银行数据，截至2004年6月底，中国金融机构外汇各项存款余额为1511亿美元，增幅与去年同期持平，而同期外汇贷款余额为1346亿美元，按可比口径同比增长24.6%。在这种环境下，各家商业银行竞相通过提高利率来争取外汇存款。随着银行在传统货币市场的利差空间越来越小，寻求存款收益突破的需求越来越强烈，因此各家银行积极尝试把期权等衍生金融工具引入传统负债业务，通过产品创新大幅提高存款收益。另一方面，商业银行一般只能将传统的外汇存款用于外汇贷款赚取利差而不能直接投资，外汇结构性存款则有政策上的优势，由于目前国内外币存款利率普遍低于国际市场利率，银行发行外汇结构性存款后只需直接将其转存就可以获取收益，如果有足够的风险管理能力，还可以将其投资于国外期权市场以创造更高的收益。从投资者的角度来看，尽管美国的联邦基金利率已经上调了数次，并仍有继续上调的强烈预期，但国内的美元普通存款利率上限却纹丝不动，仅为0.87%（一年期小额定存），相比之下投资者产生了寻求更高收益率的需求。而国内外汇投资渠道狭窄，B股市场持续低迷，使得投资者对于结构性外汇存款提供的高收益率（名义）产生了极大的兴趣。在外汇结构性存款发展初期，银行只对等值300万美元以上的大额外汇存



款提供这种产品，2004年初，小额外汇结构性存款在我国流行起来，起投金额从100-5000美元不等，这对众多小额外汇持有者来说无疑很有吸引力。

从期权定价的角度来看，美国连年降息和美元的弱势增加了加息的预期，增大了LIBOR的波动率，从而使得与利率挂钩的外汇结构性存款中嵌入的利率期权价值增加，名义收益率看上去比较高，增加了产品的吸引力。

## 2. 人民币兑美元汇率走势的预期波动

随着2003年下半年美联储的一再降息，导致市场的外汇供给和需求发生了巨大变化。由于市场上对人民币升值预期很大，企业结汇愿望强烈，普通居民也急于把手中的外币换成人民币，一方面造成外汇存款急剧下降，另一方面企业更愿意用外汇贷款，期望将来人民币升值，用外汇还款时可能获得额外的收益，造成外汇贷款需求进一步放大。为了维持人民币汇率的稳定，放缓外汇存款的减少，商业银行推出各类外汇结构性存款的动机及人民银行在相关政策方面的支持也可以理解。

从期权定价的角度来看，目前市场上的大部分外汇结构性存款均为银行可提前终止，而客户不可提前终止型，与汇率挂钩的外汇结构性存款中隐含了多个客户卖给银行的人民币汇率看涨的欧式期权，当人民币升值可能性较大时，该期权的价值也较大。

## 第二章 文献综述

国内外对外汇结构性存款的研究论文均相对较少，因为外汇结构性存款既是结构性产品中的一种，大部分又是利率衍生产品的一种，所以与之相关的内容一般出现在各种结构性产品或利率衍生产品的研究中。

Stefan Burth, Thomas Kraus和Hanspeter Wohlwend (2001) 分析了瑞士市场中结构性产品的初始定价，并在欧洲期货市场中(EUREX)寻找相似的期权进行复制定价，将两个结果进行比较，发现瑞士市场中结构性产品的初始定价偏高，往往有利于发行机构；同时发现固定收益型的结构性产品与浮动收益型的结构性产品定价存在显著差异。Andreas Grünbichler, Hanspeter Wohlwend(2002)计算出瑞士市场中192个不保证本金结构性产品的隐含波动率，并在欧洲期货市场中寻找相似的期权进行复制，计算出其中的隐含波动率进行比较，发现两者间存在显著差异；同时他们发现一级市场上的结构性产品定价偏高，有利于发行机构，而二级市场上的结构性产品定价

偏低，有利于投资者；此外，不同类型的结构性产品定价也存在显著差异，不附息的结构性产品与附息的结构性产品以及含奇异期权的结构性产品定价差异就很显著，证实了Burth, Kraus和Wohllwend（2001）的论点。

由于大部分外汇结构性产品是利率衍生产品的一种，其定价的核心在于对嵌入其中的利率期权进行定价，而利率期权的定价是件很复杂的事，因为利率期权是基于收益曲线这一多变量基础上的，当为利率期权定价时，我们必须模拟收益曲线的变化情况，即利率期限结构，后者包含了期限各异的证券利率变化的总体情况。最早给利率期权定价的是Black-Scholes期权定价模型和Merton模型（1973），其假设债券价格服从几何布朗运动，直接套用股票定价模型。事实上，债券价格和利率的变动需要更合理的模型进行描述，因此Vasicek(1977)开始用具有均值回归特征的随机过程来描述利率的动态。Cox, Ingersoll和Ross（1985）则在保留短期利率均值回归性质的基础上将利率期限结构利率理论推广到一般均衡模型中。Vasicek模型和CIR模型是20世纪80年代的主流利率衍生产品定价模型，在经济学中有重要的影响力。但在实证方面，由于均衡模型在实际运用中的估计结果经常和实际数据不一致，因此产生了实证方面的利率期限结构模型，其主要定价思想是无套利，代表性的模型有Black-Derman-Toy（1990）模型、Hull-White(1994)模型、Ho-Lee模型和Heath-Jarrow-Morton（1992）模型。其中BDT模型和Hull-White模型的均值回归项是可变的，因此可以拟合任意形状的初始收益率曲线，在实证中有较好的效果。此外，郑振龙、林海（2003）对中国利率期限结构做出了开拓性的研究。康朝锋（2004）研究了中国利率衍生产品的定价和保值，为外汇结构性存款提供了定价基础。

国内关于外汇结构性存款的文献同样很有限，刘行黎（2004）从理论角度分析了外汇结构性存款的风险、收益性，以及其对银行盈利模式转变的影响；胡剑平、肖闪（2003）从实务角度对金融衍生产品进行了市场分析、同业比较和相关的政策支持分析；陈曦（2004）将外汇结构性存款按照嵌入期权类型进行了分类并分析了各类产品的特点；郑振龙、康朝锋（2004）开创性地提出了外汇结构性存款定价原理，并进行了实证定价分析，为投资者确定外汇结构性存款的收益率和初始定价是否合理提供了依据。但其定价的产品仅限于固定收益类型，银行拥有提前赎回权的外汇结构性存款产品。本文拟从发行者的角度对外汇结构性存款的合约设计进行分析，并延续郑振龙、康朝锋（2004）的研究成果，对银行发行外汇结构性存款的成本作出进一步分析，试

图形成一篇对外汇结构性存款进行独立、系统研究的工作论文。同时，由于大部分外汇结构性存款中嵌入的期权均为美元利率衍生产品，因此本文中选取的研究对象仅为与美元利率衍生产品挂钩的外汇结构性存款。

本文分为六个部分，除了前面两章以外，在第三章中，提出外汇结构性存款的定价原理；在第四章中，从发行者的角度分析外汇结构性存款合约设计的技巧；在第五章中，以2004年上海4家中资商业银行推出的外汇结构性产品为研究对象，对固定收益类型和浮动收益类型产品的定价进行比较，并对银行有可提前赎回权和投资者又提前赎回权的产品定价进行比较。在第六章中，得出结论。

## 第三章 外汇结构性存款的定价原理

外汇结构性存款的基本原理是把普通外汇存款和期权工具进行打包，通过各种期权工具的运用，改变传统存款产品的特性，积极寻求合理的风险收益。其价值可表述如下：

外汇结构性存款价值=本金+固定收益价值+浮动收益价值+可赎回权/可回售权价值

其中，本金加上固定收益部分等同于普通债券，和可赎回权结合起来相当于可赎回债券，和可回售权结合起来相当于可回售债券，可回售债券与普通存款性质非常相似。我们利用利率二叉树（BDT模型）可以对可赎回债券和可回售债券（康朝锋，2004）进行定价。浮动收益部分则是结构性存款中嵌入的期权价值，也是最复杂的部分，因为从理论上说，期权的组合可以无穷无尽，但是目前中国的衍生品市场尚处于比较初级的阶段，外汇结构性存款中嵌入的期权主要与利率挂钩，常见类型有：看涨期权、看跌期权、范围期权、两值期权、障碍期权、利率互换期权、利率上下限期权等，在郑振龙、林海（2003）研究的中国利率期限结构的基础上，利率期权的定价也可以通过蒙特卡罗模拟实现。

### 第一节 利用 BDT 模型构造利率二叉树

Black-Derman-Toy（BDT）模型是当前比较流行的利率期限结构模型，这个模型最主要的优点是反映利率期限结构的实际波动情况，它假设短期利率波动率 $\sigma$ 随时间

变动，且利率的趋势变量 $m$ 受到利率水平的影响。

BDT模型的基本结构如下：

$$r \begin{cases} r e^{m\tau + \sigma\sqrt{\tau}} \begin{cases} r e^{(m+m')\tau + \sigma\sqrt{\tau} + \sigma'\sqrt{\tau}} \\ r e^{(m+m')\tau + \sigma\sqrt{\tau} - \sigma'\sqrt{\tau}} \end{cases} \\ r e^{m\tau - \sigma\sqrt{\tau}} \begin{cases} r e^{(m+m'')\tau - \sigma\sqrt{\tau} + \sigma'\sqrt{\tau}} \\ r e^{(m+m'')\tau - \sigma\sqrt{\tau} - \sigma'\sqrt{\tau}} \end{cases} \end{cases}$$

其中 $r$ 表示当前利率， $m$ 为短期利率的趋势变量， $\tau$ 为以“年”表示的时间间隔， $\sigma$ 为短期利率的年度波动率。求解该树图时，需满足以下几个条件：

- ◆ 为了使该树图结合成二叉树，必须使“上行-下行利率”等于“下行-上行利率”，即必须设定：

$$r e^{(m+m')\tau + \sigma\sqrt{\tau} - \sigma'\sqrt{\tau}} = r e^{(m+m'')\tau - \sigma\sqrt{\tau} + \sigma'\sqrt{\tau}}$$

- ◆ 与其他无套利定价模型一样，它对于零息债券所制定的价格必须等于市场价格，且利率期限结构的波动率必须与实际相符。

所以，如果已知市场上各期市场利率和波动率（均可从市场数据或历史数据中得到），就可解出利率二叉树图。具体方法可见康朝锋（2004）用Excel编制利率二叉树或直接利用Matlab中强大的金融定价工具直接编制BdtTree。

## 第二节 可赎回债券或可回售债券的定价

我们可以通过利率的二叉树图，计算除息后的普通债券的价格树图(ex-coupon)。如果是可赎回债券，我们用 $P_{NC}$ 代表普通债券在某一个节点的价值， $r$ 代表该节点对应的利率。设 $P_C$ 为可赎回债券的价格， $X$ 代表赎回价格。 $C_u$ 和 $C_d$ 代表上行和下行状况的赎回权的价值，而 $C$ 代表该节点的选择权的价值，那么计算可赎回债券的赎回权价值的一般法则是：

$$C_{\text{执行}} = \text{Max}(0, P_C - P_{NC})$$

$$C_{\text{持有}} = \frac{0.5C_u + 0.5C_d}{1+r}$$

$$C = \text{Max}(C_{\text{持有}}, C_{\text{执行}})$$

$$P_C = P_{NC} - C$$

如果是可回售债券，我们用  $P_{NP}$  代表普通债券在某一个节点的价值，设  $P_p$  为可回售债券的价格， $P_u$  和  $P_d$  代表上行和下行状况的回售权的价值，而  $P$  代表该节点的选择权的价值。计算可回售债券的回售权价值的一般计算法则为：

$$P_{\text{持有}} = \frac{0.5P_u + 0.5P_d}{1+r}$$

$$P_{\text{执行}} = \text{Max}(0, P_{NP} - P_p)$$

$$P = \text{Max}(P_{\text{持有}}, P_{\text{执行}})$$

$$P_p = P_{NP} + P$$

### 第三节 浮动收益的定价

浮动收益部分一般为各类利率期权的价值。与固定收益部分定价相似，利率期权定价的关键在于确定利率的期限结构。BDT模型在构造利率二叉树时，要求输入的参数为各种期限的利率的市场数据和波动率，从而使该模型在实证中能够达到较好的拟合效果。但这种方法存在一个问题：当市场上不存在相应期限的利率的市场数据和波动率时，该方法则无法应用。因为其前提假设市场上观察到的利率期限结构是合理的，但用已有期限的市场数据构造出其他期限的市场数据和波动率往往不理想。下面介绍一些连续的无套利定价模型，实际上通过这些模型和蒙特卡罗模拟方法的运用结合同样能达到较好的定价效果。

#### 一、连续的无套利定价模型

##### 1. Ho\_Lee模型（Ho和Lee, 1986）

Ho\_Lee模型是早期的无套利率模型，该模型以期初的利率期限结构为输入变量，以二项分布结构推导出利率期限结构的动态变化。在连续时间下，瞬时利率的SDE为

$$dr = u(t)dt + \sigma dz$$

其中  $\sigma$  为常数， $u(t)$  趋势项为时间的函数，以确保模型与期初利率期限结构一致。

## 2. Original Salmon Brothers模型 (Kopprasch et al., 1987)

Ho\_Lee模型假设瞬时利率的概率分布为正态分布，因此，利率可能变为负值；而且该模型假设利率的波动率为常数与经验不符。Salmon模型作出了改进，假设瞬时利率的概率分布为对数正态分布，即

$$d \ln r = u(t)dt + \sigma dz$$

## 3. BDT模型 (Black, Derman和Toy, 1990)

Black, Derman和Toy假设瞬时利率为对数正态分布，模型中除了包含期初利率期限结构的信息，还将波动率利率期限结构作为输入变量。此时由于利率的波动率为时间的函数，使得利率的动态变化具有均值回归的特征。此外，为了避免出现非结合的树图结构，模型允许在统一时点利率上升和下降的趋势项不同。连续的BDT模型的SDE为

$$d \ln r = (\theta(t) - \phi(t) \ln r)dt + \sigma(t)dz$$

其中均值回归调整速度  $\phi(t) = \frac{\partial \sigma(t) / \partial t}{\sigma(t)}$ ，是  $\sigma(t)$  的函数。 $\theta(t) / \phi(t)$  为均值回归的平均水准。

## 4. Hull-White模型 (Hull和White, 1990, 1994a)

该模型是利率模型随机过程最一般化的形式，在这个模型中，漂移率、均值和方差均为可变的，并引入了波动率的期限结构。

$$dr = [\theta(t) - a(t)(b - r)]dt + \sigma(t)r^\beta dz$$

## 5. HJM模型 (Heath, Jarrow和Morton, 1990, 1992)

上述几种模型均为单因子模型，HJM模型则是多因子模型，其中的因子为对利率期限结构的冲击 (random shocks)，如利率期限结构可能上升或下降，以及变得较陡峭或变得较平坦。Heath, Jarrow, 和Merton (1990, 1992) 提出的N因子连续时间模型，以外生方式制定远期利率的波动，而利率期限结构为远期利率的函数。HJM模型的远期利率随机过程为

$$df(t, T) = \alpha(t, T)dt + \sum_{i=1}^2 \sigma_i(t, T)dz_i$$

多因子模型将利率期限结构的波动描述的更为完整，但该类模型需要更多的输入

变量，此外某些输入变量的信息并不容易取得，这种模型也需要相当长的计算时间。

## 二、蒙特卡罗模拟

对于非路径依赖的利率期权，我们可以根据一定的利率动态模型建立风险中性世界中利率的各种演变路径，然后通过求各条路径利率期权价值的平均值来定价，这种方法就是蒙特卡罗模拟。因此，在为带赎回权的浮动收益部分定价时，一般分为两个步骤：

### 1. 选择适当的利率动态模型

在描述利率动态时，我们已经知道短期利率服从漂移率可变、波动率可变、均值回归的对数正态分布，但在实证中，如何选择最合适的利率动态模型非常重要。如第三部分的实证分析中，我们对三个月 libor 的历史数据进行回归发现其漂移率和波动率的变化对利率变化的影响并不显著<sup>1</sup>，因此可以假定三个月 libor 的短期利率服从漂移率为零，波动率不变的对数正态分布，一方面计算简化了很多，另一方面与实际利率期限结构的误差相对较小。

### 2. 用蒙特卡罗模拟每条路径，并计算相应的浮动收益价值均值

确定利率动态模型后，用蒙特卡罗模拟每一条利率路径，并计算出该路径上相应的利率期权价值在每个节点的贴现值和赎回权价值。以与 libor 正向挂钩的利率期权为例，浮动收益部分相当于一个浮动收益债券，用蒙特卡罗模拟出一条利率路径后，在利率确定的情况下，可通过回溯的方法计算出每个节点处的普通债券价值，并判断该节点处的赎回权价值，在起点处用普通债券的现值减去赎回权的现值即该利率路径下可赎回的浮动收益债券的价值。最后将多条路径的可赎回浮动收益债券价值进行平均即可得出模拟结果。

## 第四章 外汇结构性存款的合约设计

根据引言中的产品介绍，可以看出外汇结构性存款合约的设计一般包括以下几个重要条款：

### 一、起投金额

---

<sup>1</sup> 见附录 3

外汇结构性存款推出之初，最低投资金额为等值 300 万美元以上的外汇，意味着该产品吸引的客户是少数的“富人”。对发行银行而言，客户的争夺显得非常激烈，常常需要提供更高的名义收益率来吸引客户，且相对小额投资而言，其管理成本相差不显著。随着外汇结构性存款市场的发展，最低投资金额限度越来越低，最低竟达到了 100 美元。而小额外汇持有人在人民币升值和美元加息预期高涨的情况下，寻求套期保值和高收益率的愿望也非常迫切，这就为小额外汇结构性存款的发行提供了保障。此外，现在各家银行采用的均为滚动式发行，每期发行的规模均较小，控制风险的能力也比较强，所以不需要依靠大额投资。

## 二、投资期限

外汇结构性存款推出之初，由于品种较为单一，几乎均是固定收益型，这种类型的外汇结构性存款一般期限较长。随着产品种类的丰富，以及投资者对期限较短品种的需求增加，结构性存款也向较短期限发展，最短的期限竟达到三个月，期限短意味着发行银行的风险增加，因此名义收益率较低。

起投金额较小、投资期限较短是目前外汇结构性存款发展的趋势，这主要是由当前利率波动性较大引起的。

## 三、收益类型

固定收益类型定义为：只要不发生提前赎回或提前回售，未来的收益是确定的；浮动收益类型则定义为：未来收益完全或部分不可知，收益率与某种期权挂钩，目前国内已有的外汇结构性产品中嵌入的期权多为利率期权，基本是以 LIBOR 为标的的各式奇异期权。由于目前的产品呈现起投金额低，期限短的趋势，意味着投资者多为小额外汇持有者，这类投资者对外汇市场和利率市场并不是很了解，而浮动收益型产品多具有设计复杂，要求对外汇市场、利率市场把握准确等特点，因此固定收益型产品更得到市场的欢迎，即使是浮动收益产品投资者也希望合约设计能尽量简单化。我们将在第三部分中对固定收益型外汇结构性存款和浮动收益型外汇结构性存款的定价做出比较，以验证固定收益型产品的价值是否更接近其真实价值。

## 四、年均收益率的计算



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库